

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/003006

International filing date: 24 February 2005 (24.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-052348
Filing date: 26 February 2004 (26.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 12 May 2005 (12.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

08. 3. 2005

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 2 月 2 6 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 0 5 2 3 4 8

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

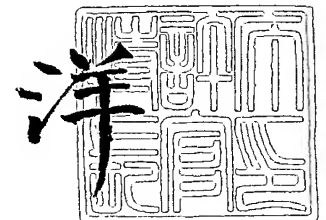
J P 2 0 0 4 - 0 5 2 3 4 8

出 願 人
Applicant(s): 富士電機システムズ株式会社

2 0 0 5 年 4 月 1 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 04P00083
【提出日】 平成16年 2月26日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G01F 1/66
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区三番町 6 番地 1 7 富士電機システムズ株式会社
 内
 【氏名】 木代 雅巳
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区三番町 6 番地 1 7 富士電機システムズ株式会社
 内
 【氏名】 山本 俊広
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区三番町 6 番地 1 7 富士電機システムズ株式会社
 内
 【氏名】 矢尾 博信
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横須賀市長坂二丁目 2 番 1 号 富士電機アドバンストテ
 クノロジー株式会社内
 【氏名】 大室 善則
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横須賀市長坂二丁目 2 番 1 号 富士電機アドバンストテ
 クノロジー株式会社内
 【氏名】 平山 紀友
【特許出願人】
 【識別番号】 591083244
 【氏名又は名称】 富士電機システムズ株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100074099
 【住所又は居所】 東京都千代田区二番町 8 番地 2 0 二番町ビル 3 F
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 大菅 義之
 【電話番号】 03-3238-0031
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 012542
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0318994

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

超音波を用いて互いに異なる測定原理にて配管中の流体の流量測定を行う複数の流量計測部を備えたことを特徴とする超音波流量計。

【請求項 2】

超音波を用いて互いに異なる測定原理にて配管中の流体の流量測定を行う複数の流量計測部と、前記配管に装着され音響信号と電気信号の相互変換を行うとともに複数の前記流量計測部にて共用されるトランスデューサ部と、を備えたことを特徴とする超音波流量計。

【請求項 3】

伝播時間差法にて前記配管内の流体の流量を検出する第 1 の流量計測部と、パルスドップラー法にて前記配管内の流体の流量を検出する第 2 の流量計測部と、測定対象の流体が流通する前記配管に装着され、各々が音響信号と電気信号の相互変換を行う複数の第 1 および第 2 のトランスデューサ部と、前記トランスデューサ部を前記第 1 の流量計測部および前記第 2 の流量計測部に共用させるためのトランスデューサ切替手段と、を備えたことを特徴とする超音波流量計。

【請求項 4】

複数の前記第 1 および第 2 のトランスデューサ部は、前記配管の軸を挟んで互いに反対側の位置に、前記流体の流通方向に互いにずれた位置に装着され、

前記第 1 の流量計測部では、前記第 1 のトランスデューサ部から送信され、前記第 2 のトランスデューサ部で受信された音響信号の伝播時間と、前記第 2 のトランスデューサ部から送信され、前記第 1 のトランスデューサ部で受信された音響信号の伝播時間との時間差を計測して前記流体の流量を計測し、

前記第 2 の流量計測部では、前記第 1 および第 2 のトランスデューサ部の各々を用いて測定された流速分布のうち、当該トランスデューサ部から見た前記配管の中央から反対側の配管壁までの測定値を組み合わせて、前記配管の直径全域の流速分布を求めることを特徴とする請求項 3 記載の超音波流量計。

【請求項 5】

複数の前記第 1 および第 2 のトランスデューサ部は、前記配管の同一側面側に、前記流体の流通方向に沿って離間した位置に配置され、

前記第 1 の流量計測部では、前記第 1 のトランスデューサ部から送信され、前記配管の壁面で反射して前記第 2 のトランスデューサ部で受信された音響信号の伝播時間と、前記第 2 のトランスデューサ部から送信され、前記配管の壁面で反射して前記第 1 のトランスデューサ部で受信された音響信号の伝播時間との時間差を計測して前記流体の流量を計測し、

前記第 2 の流量計測部は、前記第 1 および第 2 のトランスデューサ部の各々で測定された前記配管の壁面までの流速分布の差から、前記配管の軸方向の流速分布を算出することを特徴とする請求項 3 記載の超音波流量計。

【請求項 6】

前記第 1 の流量計測部は、

前記配管に装着され、音響信号と電気信号の相互変換を行う一対のトランスデューサ部と、

前記トランスデューサ部に超音波発振のための送信パルスを印加する送信パルス生成部と、

前記トランスデューサ部にて受信した超音波の受信信号を入力する受信信号増幅制御部と、

前記受信信号をデジタル信号に変換する A/D 変換部と、

一対の前記トランスデューサ部の発振側と受信側を交互に切り換えて測定された伝播時間から伝播時間差を演算する伝播時間演算部と、

前記伝播時間差に基づいて流量を演算する流量演算部と、

前記第2の流量計測部と共通に設けられ、前記送信パルス生成部および前記A/D変換部を制御する送受信タイミング制御部と、

を含むことを特徴とする請求項3に記載の超音波流量計。

【請求項7】

前記第2の流量計測部は、

前記配管に装着される音響信号と電気信号の相互変換を行うトランスデューサ部と、

前記トランスデューサ部に超音波発振のための送信パルスを印加する送信パルス生成部と、

前記トランスデューサ部にて受信した音響信号を入力する受信信号増幅制御部と、

前記受信信号をデジタル信号に変換するA/D変換部と、

前記トランスデューサ部と前記流体との間で送受信される超音波のドップラーシフト周波数に基づいて、前記流体の前記配管断面内における流速分布を計測する流速分布演算部と

、前記流速分布を積分して流量を演算する積分演算部と、

前記第1の流量計測部と共通に設けられ、前記送信パルス生成部および前記A/D変換部を制御する送受信タイミング制御部と、

を含むことを特徴とする請求項3に記載の超音波流量計。

【請求項8】

超音波を用いて配管中の流体の流量測定を行う超音波流量測定方法であって、

前記配管に装着され音響信号と電気信号の相互変換を行う複数のトランスデューサ部を、互いに異なる測定原理を用いる複数の流量計測部にて共有し、個々の前記流量計測部に対する前記トランスデューサ部の接続を切り換えて流量計測を行うことを特徴とする超音波流量測定方法。

【請求項9】

複数の前記流量計測部は、伝播時間差法にて前記配管内の流体の流量を検出する第1の流量計測部と、パルスドップラー法にて前記配管内の流体の流量を検出する第2の流量計測部からなり、

第1および第2の前記トランスデューサ部を、前記配管の軸を挟んで互いに反対側の位置に、前記流体の流通方向に互いにずれた位置に装着し、

前記第1の流量計測部では、前記第1のトランスデューサ部から送信され、前記第2のトランスデューサ部で受信された音響信号の伝播時間と、前記第2のトランスデューサ部から送信され、前記第1のトランスデューサ部で受信された音響信号の伝播時間との時間差を計測して前記流体の流量を計測し、

前記第2の流量計測部では、前記第1および第2のトランスデューサ部の各々を用いて測定された流速分布のうち、当該トランスデューサ部から見た前記配管の中央から反対側の配管壁までの測定値を組み合わせて、前記配管の直径全域の流速分布を求めることを特徴とする請求項8に記載の超音波流量測定方法。

【請求項10】

複数の前記流量計測部は、伝播時間差法にて前記配管内の流体の流量を検出する第1の流量計測部と、パルスドップラー法にて前記配管内の流体の流量を検出する第2の流量計測部からなり、

第1および第2の前記トランスデューサ部を、前記配管の同一側面側に、前記流体の流通方向に沿って離間した位置に配置し、

前記第1の流量計測部では、前記第1のトランスデューサ部から送信され、前記配管の壁面で反射して前記第2のトランスデューサ部で受信された音響信号の伝播時間と、前記第2のトランスデューサ部から送信され、前記配管の壁面で反射して前記第1のトランスデューサ部で受信された音響信号の伝播時間との時間差を計測して前記流体の流量を計測し、

前記第2の流量計測部は、前記第1および第2のトランスデューサ部の各々で測定された前記配管の壁面までの流速分布の差から、前記配管の軸方向の流速分布を算出すること

を特徴とする請求項 8 記載の超音波流量測定方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】超音波流量計および超音波流量測定方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、多様な流体の流量計測等に適用して有効な超音波流量計および超音波流量測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

配管の外壁に検出器を設置して、管の外側から管内を流れる流体に超音波を投射し、超音波が流体内部を伝播する際の変化を計測して配管内部の流量を測定するクランプオンタイプの超音波流量計は、既設配管であっても特別な設置工事が不要、流体の温度や圧、腐食性等の影響を受けないなどの多くの利点を持っている。

【0003】

このような超音波流量計における流量計測方法としては、パルスドップラー法と伝播時間差法が知られている。

パルスドップラー法の流量計測は、図7の(a)に示されるように、少なくとも1つの送受信一体型の検出器を有し、計測対象となる液体中に超音波パルスを放射し、流体中に混在する気泡などの異物によって反射された超音波エコー波を受信する。このエコー波の周波数が、流速に比例した大きさだけシフトする原理を応用したものである。このエコー波は、流体の検出器に近い部分からは早い時間で、遠くなるにつれ遅れて帰ってくるので、これを利用して測線上の位置での流速の分布 V_x が得られ、これを式(1)のように配管の全断面(A)について積分することにより流量が得られる。

【0004】

【数1】

$$Q = \int V_x \cdot dA \quad \dots (1)$$

【0005】

本法は後述の伝播時間差法と比較して、高精度・高速応答が可能で、かつ耐気泡性に優れている。しかしその反面、不純物が少ない流体では計測できなくなり、計測可能流速範囲に制約があるという技術的課題がある。

【0006】

この計測可能範囲については特許文献1に記載がある。すなわち計測可能最大流速 V_{MAX} は、

【0007】

【数2】

$$V_{MAX} \leq C_f^2 / (8 \cdot D \cdot f_o \cdot \sin \theta_f) \quad \dots (2)$$

【0008】

となる。ただし、 C_f ：流体の音速、 D ：配管の内径、 f_o ：超音波の送信周波数である。

これはパルスドップラー法は、図7の(b)および(c)に示されるように、繰り返し周波数 f_{prf} にてドップラーシフト周波数 f_d をサンプリングして f_d を求めているため、サンプリング定理より、

【0009】

【数 3】

$$f_{\text{prf}} \geq 2 \cdot f_d \quad \dots (3)$$

【0 0 1 0】

となる必要がある。また、配管の測線上の全域の流速分布を測定するためには、配管の反対管壁部からのエコー波が返ってくるまで次の測定を行うことができないので、

【0 0 1 1】

【数 4】

$$f_{\text{prf}} \leq C_f / (2 \cdot D) \quad \dots (4)$$

【0 0 1 2】

となる必要がある。更に、ドップラーシフト周波数 f_d は、測定流体の流速が V_f のとき、

【0 0 1 3】

【数 5】

$$f_d = 2 \cdot V_f \cdot \sin \theta_f \cdot f_o / C_f \quad \dots (5)$$

【0 0 1 4】

となる。式 (3) ~ (5) を組み合わせると、式 (2) となり、測定可能流速に上限があることが分かる。

パルスドップラー法のもう一つの課題として検出器側の管壁部分の流速を正常に検出できない点が挙げられる。すなわち、パルスドップラー法の流量計測では、少なくとも 1 つの送受信一体型検出器を用いれば流速分布が測定可能であるが、検出器側の管壁近傍部分では流速測定精度が低下し、このため、たとえば、特許文献 2 では、正常に検出された反対側の管壁部分の流速分布を検出器の装着側の管壁部分まで外挿して流体の流量を求める方法が開示されている。また、特許文献 3 では、計測した流速分布に対し流体断面の中央にて 2 分割して 2 つの分割分布を作成し、ばらつきの小さい分割分布を 2 倍して流体断面全体の流量を求める方法が開示されている。

【0 0 1 5】

しかし、これらの方法は、いずれも流体の流れが凸型で対称な流れを想定しており、流れの曲がりや合流などの非対称な流れの場合には、流量計測精度が低下する。また、流れに軸方向成分しかないことを想定しており、流れの曲がりや合流などにより径方向成分が生じると、やはり流量計測精度が低下する。

【0 0 1 6】

一方、伝播時間差法は、図 8 の (a) に示されるように、1 対の送受信一体型検出器を有し、上流側から下流側への超音波伝達時間 T_1 と下流側から上流側への超音波伝達時間 T_2 とを比較して、式 (6) および式 (7) により、平均流速 V_t と、流量 Q を算出する方式である。

【0 0 1 7】

【数 6】

$$V_t = \frac{D}{\sin 2\theta_f} \frac{\Delta T}{(T_o - \tau)^2} \quad \dots (6)$$

【0018】

【数7】

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot \frac{1}{K} \cdot V_t \quad \dots (7)$$

【0019】

ただし、 $\Delta T = T_2 - T_1$ 、 D ：配管の直径、 θ_f ：超音波の流体に対する入射角、 T_0 ：静止水での伝播時間（ $= (T_1 + T_2) / 2$ ）、 τ ：配管壁および楔内での伝播時間、 K ：平均流速の換算係数である。

【0020】

本方式は上述のパルスドップラー法と比較して、精度が低い、応答が遅い、気泡や不純物に弱いといった問題があるが、気泡や不純物の無い流体でも測定ができる、パルスドップラー法のような計測可能範囲の制約が無いという長所がある。

【0021】

このように、流量計測において、パルスドップラー法と伝播時間差法は一長一短あるが、従来は、流量計単体としてパルスドップラー法か伝播時間差法のいずれかの方法で計測を行なっていたため、計測対象の流体の速度、気泡量などの状況により、計測精度が低下したり、計測ができなくなるという技術的課題があった。

【特許文献1】特開2004-12205号公報

【特許文献2】特開平10-281832号公報

【特許文献3】特開2004-12204号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0022】

本発明の目的は、流速や気泡量等の流体の状態に影響されことなく、計測精度および計測可能範囲を向上させることが可能な超音波流量計および超音波流量測定方法を提供することにある。

【0023】

本発明の他の目的は、超音波流量計における製造コストの削減および検出器の設置の簡略化を実現することにある。

本発明の他の目的は、コスト増を抑制しつつ、単一の検出器を用いる場合のパルスドップラー法に固有の技術的課題を解消して、流量の計測精度の向上を実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0024】

本発明の第1の観点は、超音波を用いて互いに異なる測定原理にて配管中の流体の流量測定を行う複数の流量計測部を具備した超音波流量計を提供する。

本発明の第2の観点は、超音波を用いて互いに異なる測定原理にて配管中の流体の流量測定を行う複数の流量計測部と、前記配管に装着され音響信号と電気信号の相互変換を行うとともに複数の前記流量計測部にて共用されるトランスデューサ部と、を具備した超音波流量計を提供する。

【0025】

本発明の第3の観点は、伝播時間差法にて前記配管内の流体の流量を検出する第1の流量計測部と、パルスドップラー法にて前記配管内の流体の流量を検出する第2の流量計測部と、測定対象の流体が流通する前記配管に装着され、各々が音響信号と電気信号の相互変換を行う複数の第1および第2のトランスデューサ部と、前記トランスデューサ部を前記第1の流量計測部および前記第2の流量計測部に共用させるためのトランスデューサ切替手段と、を備えた超音波流量計を提供する。

【0026】

本発明の第4の観点は、超音波を用いて配管中の流体の流量測定を行う超音波流量測定方法であって、前記配管に装着され音響信号と電気信号の相互変換を行う複数のトランスデューサ部を、互いに異なる測定原理を用いる複数の流量計測部にて共有し、個々の前記流量計測部に対する前記トランスデューサ部の接続を切り換えて流量計測を行う超音波流量測定方法を提供する。

【0027】

複数の超音波流量計は、たとえば、伝播時間差法にて前記配管内の流体の流量を検出する第1の流量計測部と、パルスドップラー法にて前記配管内の流体の流量を検出する第2の流量計測部からなる構成とすることができる。

【0028】

そして、二つの検出器を必要とする伝播時間差法に用いられる一対の検出器の少なくとも一方を、少なくとも一つの検出器で動作可能なパルスドップラー法で利用可能なように、検出器切替部を設けることができる。

【0029】

一対の検出器は、配管の軸を挟んで互いに反対側の位置に、流体の流通方向に互いにずれた位置に配置する構成とすることができる。あるいは、一対の検出器を、配管の同一側面側に、流体の流通方向に沿って離間した位置に配置する構成とすることもできる。

【0030】

このように、本発明の超音波流量計では、測定原理の異なる第1の流量計測部と第2の流量計測部を備えて、互いに独立に、あるいは両方を同時併用する構成としたので、互いに他の方法の欠点を補い合って、流速や気泡等の測定対象の流体の多様な状態に影響されることなく、流体の流量を広範囲にかつ高精度に測定することが可能になる。

【0031】

また、検出器を複数の測定法で共用することで、検出器の数量を削減でき、検出器の製造コストや設置コストを削減でき、低コストにて流体の流量を広範囲にかつ高精度に測定することが可能になる。

【0032】

また、一対の検出器の双方を共有化してパルスドップラー法の計測を行い、双方の検出器を用いた場合の測定結果を組み合わせることにより、コスト増を抑えつつ、単一の検出器を用いる場合の、検出器の配置側の管壁近傍の測定精度の低下を防止して、流量の計測精度を高めることが可能になる。

【発明の効果】

【0033】

本発明によれば、流速や気泡量等の流体の状態に影響されることなく、流体の流量を広範囲にかつ高精度に測定することが可能となる。

また、流体の流速や気泡量等の状態に影響されることなく、計測精度および計測可能範囲を向上させることが可能な超音波流量計における製造コストの削減および検出器の設置の簡略化を実現することができる。

【0034】

また、コスト増を抑制しつつ、単一の検出器を用いる場合のパルスドップラー法に固有の技術的課題を解消して、流量の計測精度の向上を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら詳細に説明する。なお、以下の説明では、各図および各実施の形態に共通する構成要素には同一の符号を付して、重複した説明は割愛する。

【0036】

図1は、本発明の一実施の形態である超音波流量測定方法を実施する超音波流量計の構成の一例を示す概念図である。

本実施の形態の超音波流量計は、測定対象の流体51が流通する配管50に装着され、

各々が超音波の送受信器として機能する圧電素子等を備えた複数の検出器 41、検出器 42、検出器 43（トランスデューサ部）を備えている。すなわち、検出器 41～検出器 43 の各々は、一例として、図 5 に例示されるように、超音波振動等の音響信号と電気信号の相互変換を行う圧電素子 40a と、この圧電素子 40a と配管 50 の外壁面との間に介在し、圧電素子 40a で発生した超音波振動を所定の入射角度で配管 50 に伝達し、配管 50 側の超音波振動を圧電素子 40a に伝達する楔体 40b で構成されている。

【0037】

一对の検出器 41 および検出器 42 は、配管 50 の軸を挟んで互いに反対側に、流体 51 の流通方向に上流側および下流側にずれた位置に配置されており、互いに他から放射される超音波の伝播経路上に位置している。このような検出器の取り付け方を、便宜上“Z 法”と略称する。

【0038】

また、検出器 43 は、超音波の放射経路が、配管 50 の中心軸を通り、その装着位置から下流側に傾斜するように設置されている。

一对の検出器 41 および検出器 42 は、検出器切替スイッチ 15 を介して、当該検出器切替スイッチ 15、受信信号増幅制御部 11、A/D 変換部 12、伝播時間演算部 13、流量演算部 14 と、送信パルス生成部 31 および送受信タイミング制御部 32 からなる伝播時間差方式部 10（第 1 の流量計測部）に接続されている。

【0039】

この伝播時間差方式部 10 では、送受信タイミング制御部 32 から出力される送信起動信号 32a に同期して送信パルス生成部 31 から出力される送信パルス電力を検出器切替スイッチ 15 を介して一方の検出器 41 に印加して超音波を発振させ、その直後に、検出器切替スイッチ 15 を検出器 42 側に切り換えて当該検出器 42 に到達する超音波を受信して電気信号に変換して受信信号増幅制御部 11 に入力して増幅し、さらに、この受信信号を、送受信タイミング制御部 32 から出力される A/D サンプリングクロック 32b に同期して A/D 変換部 12 にてデジタル変換して伝播時間演算部 13 に入力する動作を、検出器切替スイッチ 15 の切替動作により、検出器 41 と検出器 42 で送信側と受信側を入れ換えて交互に実行する。

【0040】

そして、伝播時間演算部 13 では、図 8 の測定原理により、検出器 41 と検出器 42 の間の超音波の配管 50 内を経由した伝達遅延時間に基づいて流体 51 の流速を検出し、流量演算部 14 では、この流速から流量を演算して計測値出力切替スイッチ 34 を介して出力する動作が行われる。

【0041】

また、検出器 43 は、受信信号増幅制御部 21、A/D 変換部 22、流速分布演算部 23、積分演算部 24 と、伝播時間差方式部 10 と共通の送信パルス生成部 31 および送受信タイミング制御部 32 からなるパルスドップラー方式部 20（第 2 の流量計測部）に接続されている。

【0042】

そして、このパルスドップラー方式部 20 では、送受信タイミング制御部 32 から出力される送信起動信号 32a に同期して送信パルス生成部 31 から出力される送信パルス電力を検出器 43 に印加して超音波を配管 50 内に放射し、流体 51 内の気泡等で反射されたエコー波を受信信号増幅制御部 21 で検出して増幅し、送受信タイミング制御部 32 から出力される A/D サンプリングクロック 32c に同期して A/D 変換部 22 でデジタル信号に変換して流速分布演算部 23 に入力し、流速分布演算部 23 では、図 7 に例示した原理にて配管 50 内の流速分布を演算し、積分演算部 24 にて流量に変換して計測値出力切替スイッチ 34 に出力する動作が行われる。

【0043】

伝播時間差方式部 10 およびパルスドップラー方式部 20 の出力側には、計測値出力切替スイッチ 34 が設けられ、この計測値出力切替スイッチ 34 を介して、伝播時間差方式

部 10 およびパルスドップラー方式部 20 の出力が選択的に出力される構成となっている。

【0044】

この計測値出力切替スイッチ 34 と、伝播時間差方式部 10 およびパルスドップラー方式部 20 に共通に設けられた送信パルス生成部 31 および送受信タイミング制御部 32 は、計測方式切替制御部 33 から出力される出力選択信号 33a および計測方式選択信号 33b にて、上述の伝播時間差方式部 10 およびパルスドップラー方式部 20 のいずれの動作を行うか等が制御される。

【0045】

また、伝播時間差方式部 10 の伝播時間演算部 13 およびパルスドップラー方式部 20 の流速分布演算部 23 の各々からは、計測状態データ 13a および計測状態データ 23a が、計測方式切替制御部 33 に入力され、計測方式切替制御部 33 は、このデータに基づいて伝播時間差方式部 10 およびパルスドップラー方式部 20 のいずれを動作させるか、あるいは並行動作させるか、等の判断を行う。

【0046】

このように、本実施の形態では、計測状態データ 13a や計測状態データ 23a 等の情報に基づいて、伝播時間差方式部 10 およびパルスドップラー方式部 20 の動作状況を判断しながら、計測方式切替制御部 33 が、伝播時間差方式部 10 およびパルスドップラー方式部 20、さらには計測値出力切替スイッチ 34 を制御して、伝播時間差方式部 10 およびパルスドップラー方式部 20 のいずれを動作させて流量の検出を行うかを切り換えながら配管 50 における流体 51 の流量計測を行うので、伝播時間差方式部 10 とパルスドップラー方式部 20 の長所を合わせて、制限のない広い測定範囲で高精度にて流量測定を行うことが可能になる。

【0047】

たとえば、計測状態データ 23a によってパルスドップラー方式部 20 で計測中に測定可能範囲を超過したこと、あるいは、流体 51 内に気泡や不純物がなく、超音波エコーでの測定が不能になった等の事象を検出した場合には、伝播時間差方式部 10 を起動するとともに、計測値出力切替スイッチ 34 の出力を伝播時間差方式部 10 側に切り換えて、計測を継続することが可能になる。

【0048】

このように、計測方式切替制御部 33 は、計測状態データ 13a および計測状態データ 23a に基づく各々の測定結果から、配管 50 内の流体 51 の状態を把握し、出力選択信号 33a による送信パルス生成部 31 および送受信タイミング制御部 32 に切換制御、および計測方式選択信号 33b による計測値出力切替スイッチ 34 の切換制御にて、伝播時間差方式部 10 およびパルスドップラー方式部 20 の両方式を並列して動作させて流量測定を行うか、もしくは伝播時間差方式部 10 またはパルスドップラー方式部 20 のいずれか適する方式に切り替えることで、流体 51 の状態に影響されることなく、広い測定範囲にて、かつ高い測定精度を実現することが可能になる。

【0049】

図 2 は、本発明の他の実施の形態である超音波流量計の構成の一例を示す概念図である。この図 2 の構成は、上述の図 1 の構成において、パルスドップラー方式部 20 の受信信号増幅制御部 21 の前段に検出器切替スイッチ 35 を配置し、伝播時間差方式部 10 の一対の検出器 41（第 1 のトランスデューサ部）および検出器 42（第 2 のトランスデューサ部）の双方を、パルスドップラー方式部 20 と共有することで、検出器の数を減らした例を示すものである。

【0050】

すなわち、図 2 の構成例では、伝播時間差方式部 10 で用いる一対の検出器 41 および検出器 42 を検出器切替スイッチ 35 を介してパルスドップラー方式部 20 に接続して片方もしくは双方を共有することで、パルスドップラー方式部 20 に専用の検出器 43 を省略し、全体の検出器の個数を、図 1 の 3 個から 2 個に減らした構成となっている。

【0051】

伝播時間差方式部 10 の伝播時間差法では、検出器の取り付け方に、前述の“Z法”と後述の“V法”がある。

“Z法”では、図 2 に例示されるように、一对の検出器 4 1 および検出器 4 2 を、配管 5 0 の中心軸を挟んで互いに反対側の壁面に、上流側および下流側にずらして配置したものであり、検出器 4 1 および検出器 4 2 の各々から放射される超音波の進路上に互いに他の検出器が位置する。

【0052】

そして、この“Z法”で取り付けた場合には、1 対の検出器 4 1 および検出器 4 2 の双方を、検出器切替スイッチ 3 5 の切換動作で共有化し、図 3 に例示されるように、検出器 4 1 および検出器 4 2 の各々で測定された流速分布のうち、配管中央から反対側（当該検出器から遠い側）の配管壁までの部分を組み合わせて、配管直径全域の流速分布を求めることにより、非対称な流れに対しても、精度良く流量計測ができる。

【0053】

すなわち、図 2 の構成例におけるパルスドップラー方式部 2 0 は、流速分布演算部は、検出器切替スイッチ 3 5 を検出器 4 1 の側に接続して検出された流速分布（図 3 の左側半分）を演算するための流速分布演算部 2 3-1 と、検出器切替スイッチ 3 5 を検出器 4 2 の側に接続して検出された流速分布（図 3 の右側半分）を演算するための流速分布演算部 2 3-2 と、検出器切替スイッチ 3 5 の切換動作に連動して、送受信タイミング制御部 3 2 からの選択信号 3 2 d により流速分布演算部 2 3-1 または流速分布演算部 2 3-2 のいずれを動作させるかを切り換える入力切替スイッチ 2 3-3 を備えている。

【0054】

これにより、図 3 に例示されるように、パルスドップラー方式部 2 0 を検出器 4 1 に接続した状態では、流速分布演算部 2 3-1 を動作させて、当該検出器 4 1 から遠い側の半断面領域の流速分布 5 1 a を計測し、検出器 4 2 に接続した状態では、当該検出器 4 2 から遠い側の半断面領域の流速分布 5 1 b を計測し、後段の積分演算部 2 4 では、流速分布演算部 2 3-1（検出器 4 1）と流速分布演算部 2 3-2（検出器 4 2）の流速分布を足し合わせた全断面領域の流速分布 5 1 c に基づいて流量の演算を行って流量測定値として出力する。

【0055】

このように、図 2 および図 3 の本実施の形態では、伝播時間差方式部 10 の伝播時間差法に必要な一对の検出器 4 1 および検出器 4 2 を、検出器切替スイッチ 3 5 を介して、パルスドップラー法を用いるパルスドップラー方式部 2 0 の側に共用させ、単一の検出器を用いる場合のパルスドップラー法の技術的課題である、検出器近傍側の流速分布測定の精度低下を、検出器 4 1 および検出器 4 2 による計測データの足し合わせにて補い合うことで、測定精度の向上を実現することができる。

【0056】

また、パルスドップラー方式部 2 0 側における検出器 4 1（または検出器 4 2）を使用する流量計測中に、当該パルスドップラー方式部 2 0 に接続されていない側の検出器 4 2（または検出器 4 1）を伝播時間差方式部 10 に接続して、音響信号を受信することで、パルスドップラー方式部 2 0 側の計測処理と並行して、伝播時間差方式部 10 による流量分布の計測を行わせることができる。

【0057】

図 4 は、本発明のさらに他の実施の形態である超音波流量計の構成の一例を示すブロック図であり、図 5 および図 6 は、その作用の一例を説明する概念図である。

この図 4 の実施の形態では、配管 5 0 の同一側面において軸方向に、下流側に検出器 4 1 を配置し、上流側に検出器 4 2 を配置し、伝播時間差方式部 10 における測定時に、検出器 4 1 および検出器 4 2 から放射される超音波の伝播経路が、配管 5 0 の中心軸を横切って反対側の壁面に反射されることにより V 字形となるようにしたものである。このような検出器の配置方法を便宜的に“V法”と略称する。

【0058】

そして、この図4の実施の形態において、伝播時間差方式部10では、検出器41から超音波を送出し、反対側の壁面で反射して他方の検出器42に入射する音響信号を検出して配管50における流体51の流速分布を計測する。

【0059】

一方、パルスドップラー方式部20では、検出器切替スイッチ35により、検出器41および検出器42を使用して後述のような流速分布の測定動作を行う。

すなわち、パルスドップラー法において、一つの検出器にて流速の測定を行う場合、図5に示されるように、流体51の流速 V_f （流れ方向）は、配管50の軸に平行であることを前提とし、流体51に対する超音波の入射角が θ_f であるとき、ドップラーシフト周波数 $f_d \propto V_f \cdot \sin \theta_f$ となることを利用して流速を求めている。

【0060】

このため、流体51の流れ方向（流速 V_{fx} ）が配管50の軸方向に平行でなく、配管50の径方向の誤差成分 V_{fh} を持つ場合には、図6に示されるように、一つの検出器41による流速分布 α は、式（8）となり、計測される流速値に誤差成分： $V_{fh} \cdot \cos \theta_f$ を含むことになる。

【0061】

【数8】

$$\alpha = V_{fx} \cdot \sin \theta_f + V_{fh} \cdot \cos \theta_f \quad \dots (8)$$

【0062】

【数9】

$$\beta = -V_{fx} \cdot \sin \theta_f + V_{fh} \cdot \cos \theta_f \quad \dots (9)$$

【0063】

そこで、図4の実施の形態のように、検出器41および検出器42を“V法”で取り付けた場合には、1対の検出器41および検出器42の双方を、伝播時間差方式部10およびパルスドップラー方式部20にて共有し、各々の検出器で測定された流速分布の差をとることにより径方向の成分 V_{fh} をキャンセルし、軸方向の流速分布のみを算出でき、精度良く流量計測ができる。

【0064】

すなわち、図6に示されるように、一方の検出器41による式（8）の流速分布 α と、他方の検出器42による式（9）の流速分布 β を、パルスドップラー方式部20の流速分布演算部23-1および流速分布演算部23-2でそれぞれ演算し、後段の積分演算部24では、これらの差分の平均値 $= (\alpha - \beta) / 2$ を求めて流速分布とすることにより、配管50の流体51において非対称流や径方向成分がある場合でも、精度よく流速分布およびそれに基づく流量測定が可能となる。

【0065】

以上説明したように、本発明の実施の形態によれば、配管50を流通する流体51の状態に応じて、パルスドップラー法のパルスドップラー方式部20と、伝播時間差法の伝播時間差方式部10を並列、もしくは切替えて流量計測を行なえるようになり、計測精度、計測可能範囲を向上することが可能となる。また、その際に、検出器41および検出器42を両方式で共有化することで、必要な検出器の数量が削減され超音波流量計の製品コストの低減、検出器の設置作業の簡略化を実現できる。

【0066】

また、少なくとも一対の検出器が必要な伝播時間差方式部10の当該検出器を、少なく

とも一つの検出器しか必要としないパルスドップラー方式部 20 にて共有し、パルスドップラー方式部 20 においては、個々の検出器を用いて測定された複数の流速の測定結果を組み合わせて、コスト増を抑えつつ、非対称流や径方向成分がある流れのときのパルスドップラー法の流量の計測精度を高めることができる。

【0067】

上述の各実施の形態の説明では、超音波による流量検出法として、伝播時間差法、およびパルスドップラー法を用いる場合を例示したが、これに限らず、超音波を用いて流体の流速ならびに流量の計測を行う超音波流量測定技術に広く適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図 1】 本発明の一実施の形態である超音波流量計の構成の一例を示す概念図である。

【図 2】 本発明の他の実施の形態である超音波流量計の構成の一例を示す概念図である。

【図 3】 その作用の一例を示す概念図である。

【図 4】 本発明のさらに他の実施の形態である超音波流量計の構成の一例を示すブロック図である。

【図 5】 その作用の一例を説明する概念図である。

【図 6】 その作用の一例を説明する概念図である。

【図 7】 (a) ~ (c) は、超音波を用いたパルスドップラー法による流量測定の原理を説明する図である。

【図 8】 (a) ~ (c) は、超音波を用いた伝播時間差法による流量測定の原理を説明する図である。

【符号の説明】

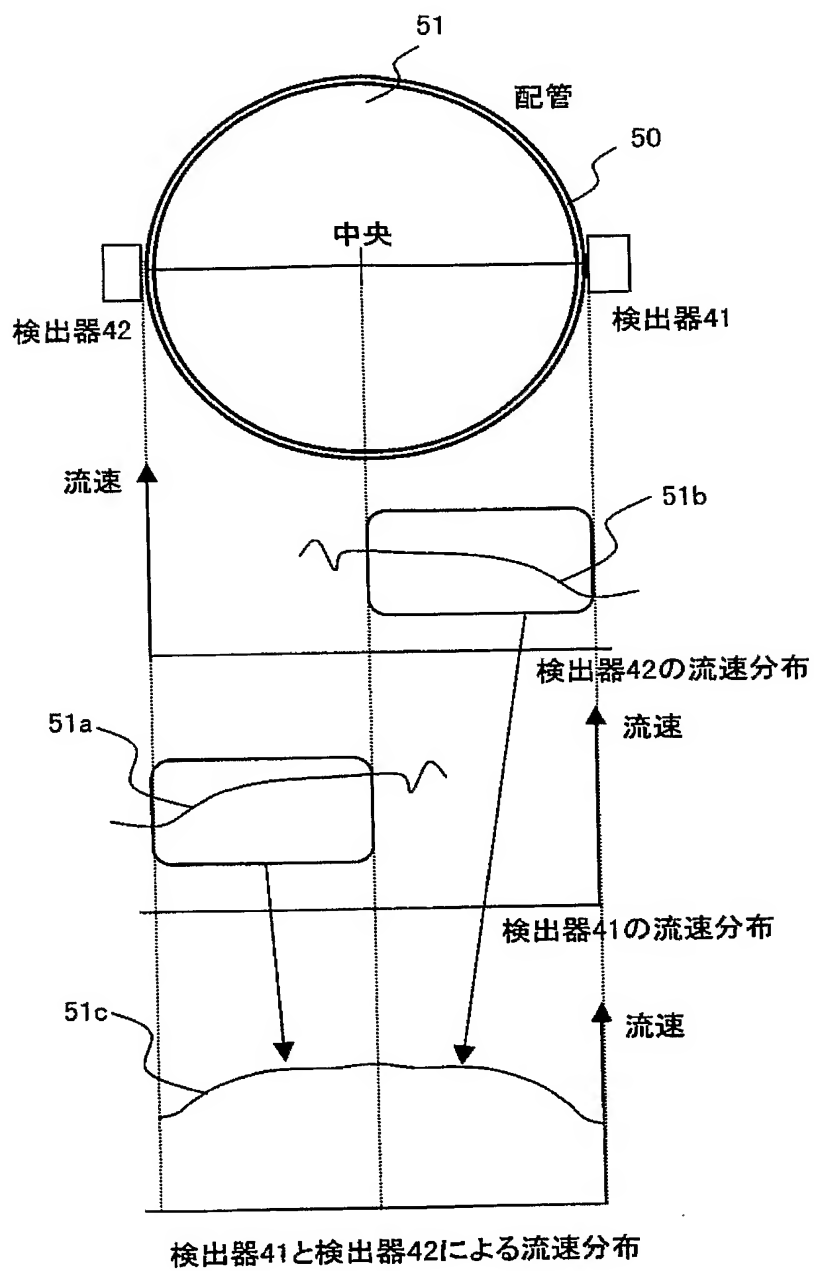
【0069】

- 10 伝播時間差方式部
- 11 受信信号増幅制御部
- 12 A/D変換部
- 13 伝播時間演算部
- 13a 計測状態データ
- 14 流量演算部
- 15 検出器切替スイッチ
- 20 パルスドップラー方式部
- 21 受信信号増幅制御部
- 22 A/D変換部
- 23 流速分布演算部
- 23-1 流速分布演算部
- 23-2 流速分布演算部
- 23-3 入力切替スイッチ
- 23a 計測状態データ
- 24 積分演算部
- 31 送信パルス生成部
- 32 送受信タイミング制御部
- 32a 送信起動信号
- 32b A/Dサンプリングクロック
- 32c A/Dサンプリングクロック
- 32d 選択信号
- 33 計測方式切替制御部
- 33a 出力選択信号
- 33b 計測方式選択信号

- 3 4 計測値出力切替スイッチ
- 3 5 検出器切替スイッチ
- 4 1 検出器
- 4 2 検出器
- 4 3 検出器
- 5 0 配管
- 5 1 流体
- 5 1 a 流速分布
- 5 1 b 流速分布
- 5 1 c 流速分布

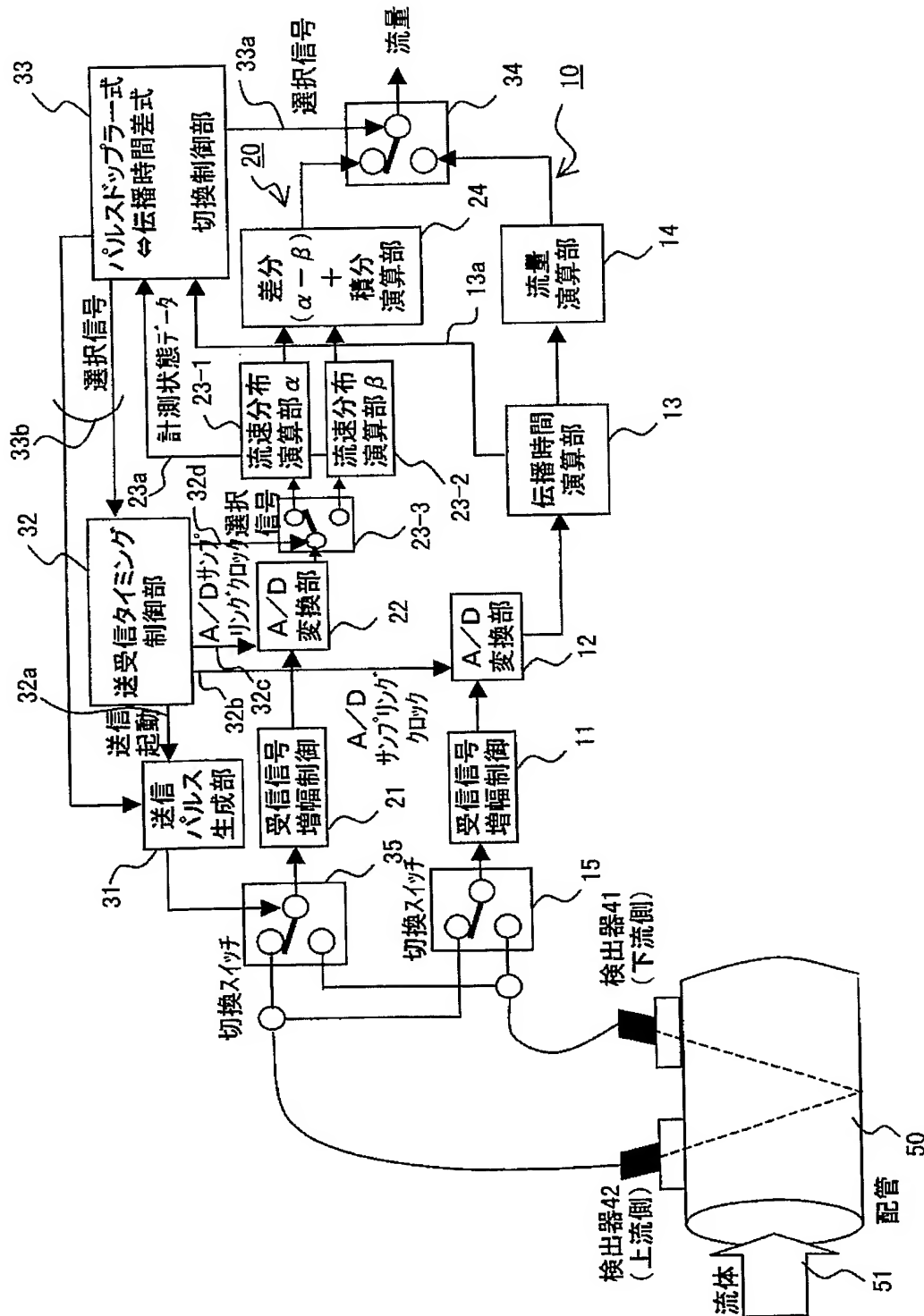
【図 3】

その作用の一例を説明する概念図



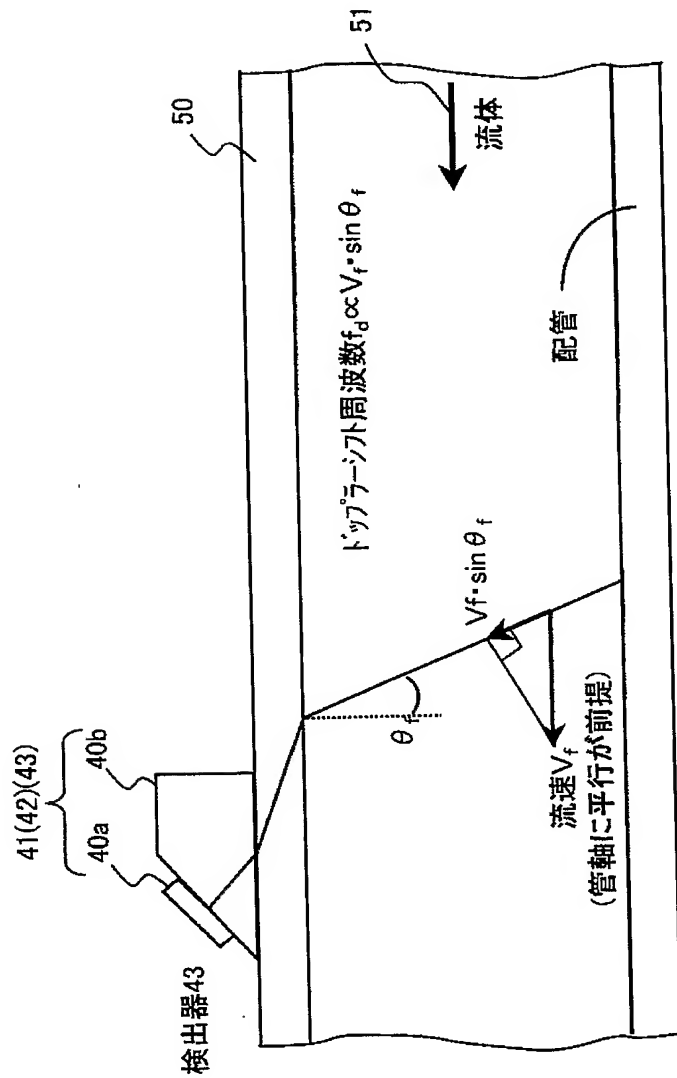
【図 4】

本発明のさらに他の実施の形態である超音波流量計の構成の一例を示すブロック図



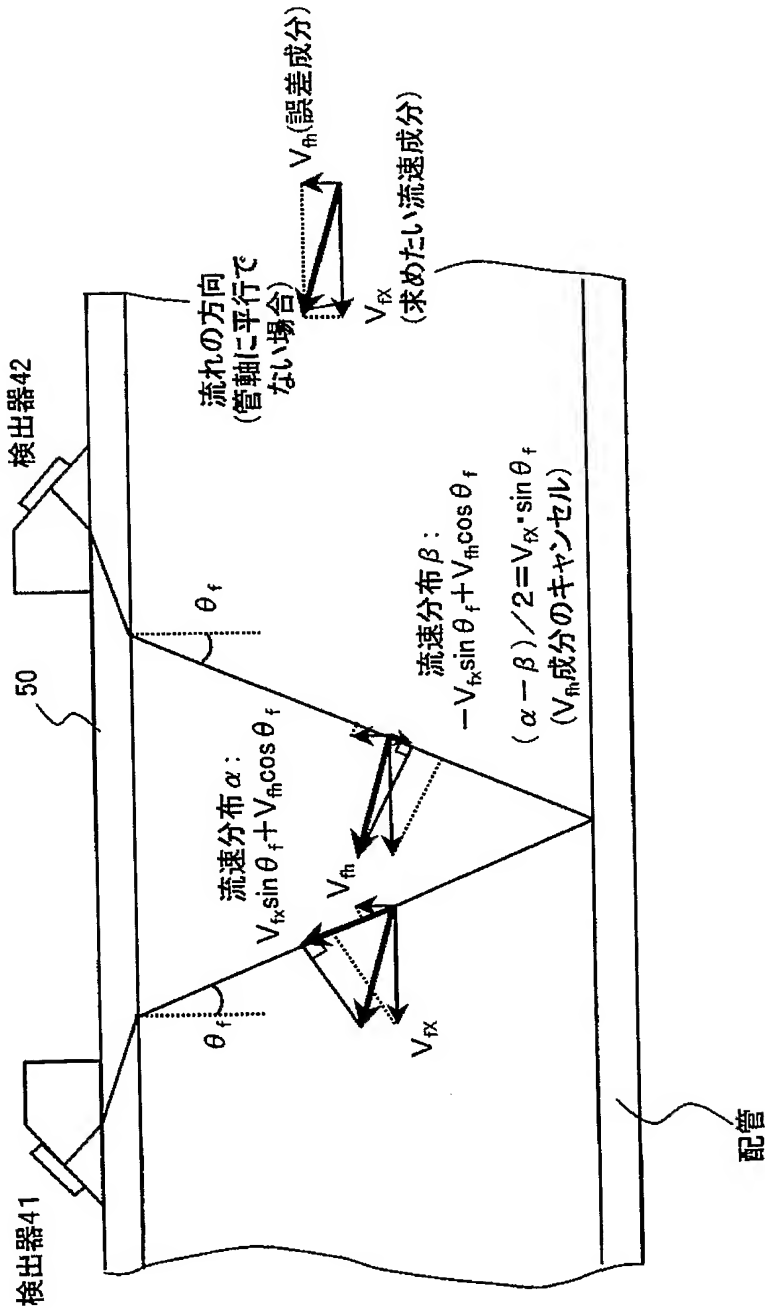
【図 5】

その作用の一例を説明する概念図



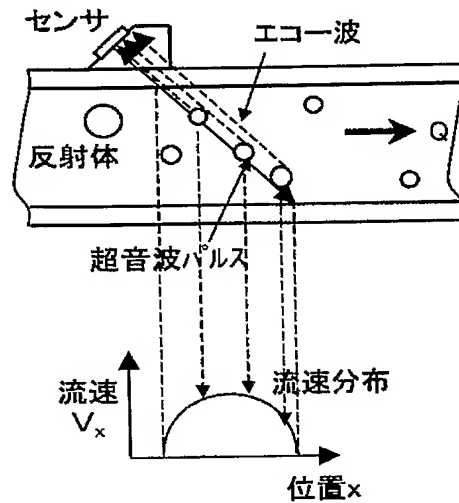
【図 6】

その作用の一例を説明する概念図

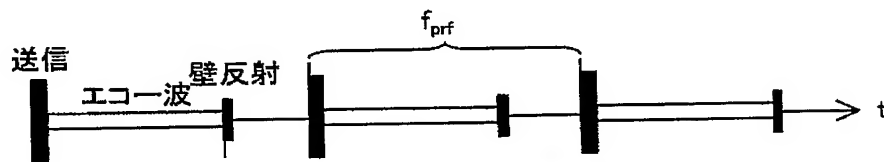


【図 7】

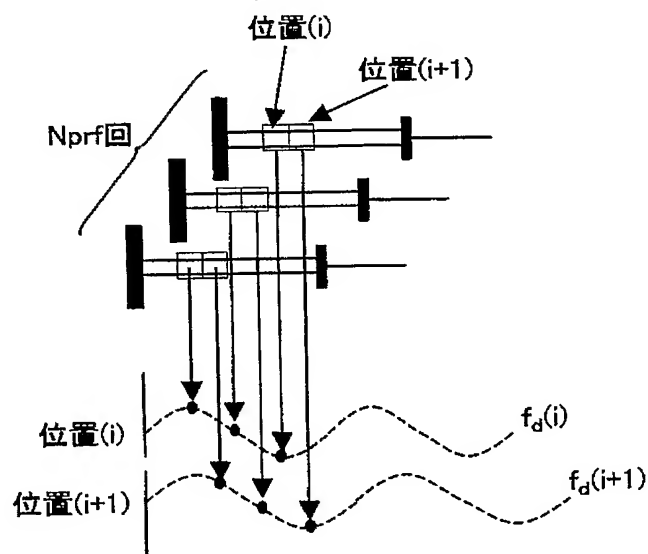
(a)～(c)は、超音波を用いたパルスドップラー法による流量測定の実理を説明する図



(a) ドップラ式の構成



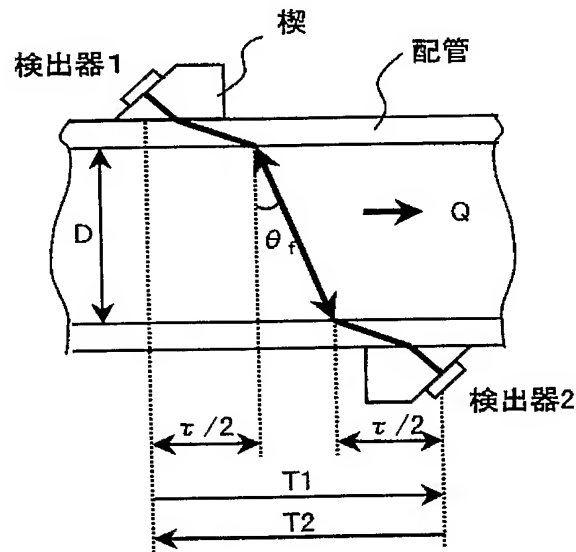
(b) 受信波の時間遷移



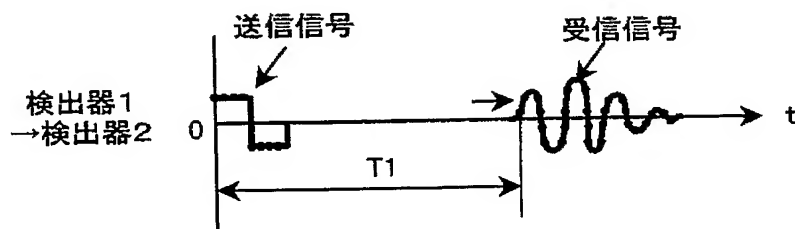
(c) 測定の実理図

【図 8】

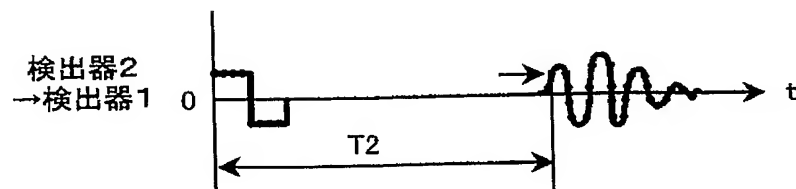
(a)～(c)は、超音波を用いた伝播時間差法による
流量測定の方法を説明する図



(a) 伝播時間差の構成



(b) 検出器1→検出器2



(c) 検出器2→検出器1

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 流速や気泡量等の流体の状態に影響されることなく、流体の流量を広範囲にかつ高精度に測定すること。

【解決手段】 検出器切替スイッチ 15 を介して検出器 4 1 および検出器 4 2 に接続される受信信号増幅制御部 1 1 ～流量演算部 1 4 からなる伝播時間差方式部 1 0 と、検出器 4 3 に接続される受信信号増幅制御部 2 1 ～積分演算部 2 4 からなるパルスドップラー方式部 2 0 と、これらに共通の送受信タイミング制御部 3 2 と、伝播時間差方式部 1 0 とパルスドップラー方式部 2 0 の切換や並列動作を制御する計測方式切替制御部 3 3 と、伝播時間差方式部 1 0 とパルスドップラー方式部 2 0 の出力を選択する計測値出力切替スイッチ 3 4 を備え、測定範囲に制約のない伝播時間差法による流量測定と、測定範囲の上限はあるが高精度なパルスドップラー法による流量測定の双方を一つの流量計で可能とした。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 5 2 3 4 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 9 1 0 8 3 2 4 4]

1. 変更年月日
[変更理由]

2 0 0 1 年 7 月 5 日

名称変更

住所変更

住 所
氏 名

東京都千代田区三番町 6 番地 1 7
富士電機システムズ株式会社